

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-118585  
(43)Date of publication of application : 19.04.2002

(51)Int.Cl. H04L 12/56

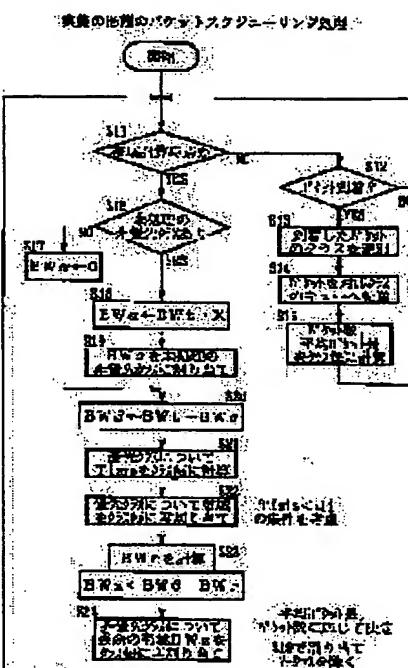
(21)Application number : 2000-305247 (71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>  
(22)Date of filing : 04.10.2000 (72)Inventor : NOGAMI SHINYA

(54) METHOD AND APPARATUS FOR SCHEDULING PACKET

(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a method and an apparatus for scheduling packet in which the quality of an application requiring a strict real time performance is prevented from deteriorating by utilizing all available bands effectively, and transmission delay time is prevented from increasing even for an application not requiring a strict real time performance.

**SOLUTION:** Input packets are sectioned into a plurality of classes which are then sorted into a preferential group and a nonpreferential group, and packets in each class are stored in queues independent from each other. First band satisfying a requested delay time is assigned preferentially to a queue holding the packets of the preferential group, and remaining bands are determined as a second band. Use frequency of a specific interval is detected for each class of the nonpreferential group, and a part of the second band is assigned dynamically to the queue of nonpreferential group at a weight corresponding to the use frequency of a nearest specific interval.



#### LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 20.12.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3649661

[Date of registration] 25.02.2005

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of

[Date of extinction of right]

[Date of extinction of rights]

Copyright (C) 1998,2003 Japan Patent Office

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>  
H 0 4 L 12/56

識別記号

F I  
H 0 4 L 11/20テマコード(参考)  
1 0 2 C 5 K 0 3 0

## 審査請求 有 請求項の数4 OL (全8頁)

(21)出願番号 特願2000-305247(P2000-305247)  
 (22)出願日 平成12年10月4日(2000.10.4)

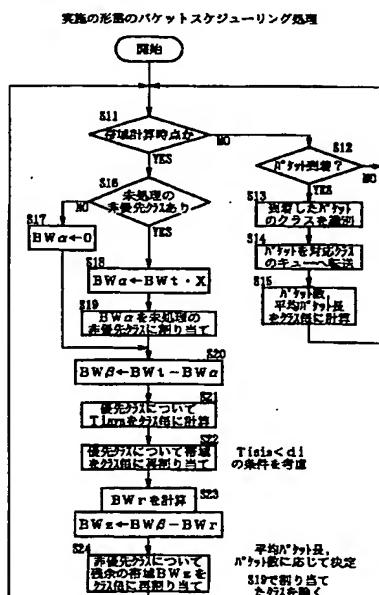
(71)出願人 000004226  
 日本電信電話株式会社  
 東京都千代田区大手町二丁目3番1号  
 (72)発明者 能上 健也  
 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内  
 (74)代理人 100072718  
 弁理士 古谷 史旺  
 Fターム(参考) 5K030 GA03 HA08 HC01 JA01 KA05  
 KA13 KX13 KX29 LC01 MA13

## (54)【発明の名称】 パケットスケジューリング方法及びパケットスケジューリング装置

## (57)【要約】

【課題】 本発明はパケットスケジューリング方法及びパケットスケジューリング装置において利用可能な全ての帯域を有効に利用し実時間性に厳しいアプリケーションの品質低下を防止するとともに実時間性の要求が小さいアプリケーションについても伝送遅延時間が増大するのを防止することを目的とする。

【解決手段】 入力されるパケットを複数のクラスに区分するとともに複数のクラスを優先グループと非優先グループとに分類し、それぞれのクラスのパケットを互いに独立した待ち行列に蓄積し、優先グループのパケットを保持する待ち行列には要求遅延時間を満足する第1の帯域を優先的に割り当てる、残りの帯域を第2の帯域に定め、非優先グループについては特定期間の使用頻度をクラス毎に検出し、非優先グループの待ち行列には、直近の特定期間の使用頻度に応じた重みで第2の帯域の一部を動的に割り当てる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 順次に入力されるパケットを待ち行列として蓄積し、処理のために前記待ち行列から取り出されるパケットの順序を決定するためのパケットスケジューリング方法であって、

入力されるパケットを複数のクラスに区分するとともに、前記複数のクラスをストリーム型トラヒック又はインタラクティブ型トラヒックに相当する優先グループと、バルク転送型トラヒックに相当する非優先グループとに分類し、

それぞれのクラスのパケットを互いに独立した待ち行列に蓄積し、

前記優先グループに属するクラスのパケットを保持する待ち行列に対しては、該当するクラスの要求遅延時間を満足するのに十分な第1の帯域を優先的に割り当て、全体の帯域の値から前記第1の帯域の総和を差し引いた結果を第2の帯域に定め、

前記非優先グループに属する各クラスについて、特定期間における使用頻度をクラス毎に検出し、

前記非優先グループに属する各クラスのパケットを保持する待ち行列に対しては、直近の特定期間で検出された使用頻度の違いに応じた重みで前記第2の帯域の一部分もしくは全体を動的に割り当て、

前記複数の待ち行列から取り出されるパケットの順序を、各待ち行列に割り当てられた帯域の大きさに従って決定することを特徴とするパケットスケジューリング方法。

【請求項2】 請求項1のパケットスケジューリング方法において、

前記非優先グループの中に、割り当てられた帯域の大きさが過小の特定クラスが存在する場合には、

前記優先グループに属するクラスよりも優先的に、前記特定クラスのパケットを保持する待ち行列に対して最初に第3の帯域を割り当てる、

その後で、前記優先グループに属するクラスのパケットを保持する待ち行列に対して前記第1の帯域を割り当てる、ことを特徴とするパケットスケジューリング方法。

【請求項3】 請求項1のパケットスケジューリング方法において、前記非優先グループの各クラスの使用頻度を、前記特定期間に到着したパケットの数及び到着したパケットの平均パケット長に基づいて検出することを特徴とするパケットスケジューリング方法。

【請求項4】 順次に入力されるパケットを待ち行列として蓄積し、処理のために前記待ち行列から取り出されるパケットの順序を決定するためのパケットスケジューリング装置であって、

入力されるパケットを複数のクラスに区分するとともに、前記複数のクラスをストリーム型トラヒックに相当する優先グループと、バルク転送型トラヒックに相当する非優先グループとに分類する分類手段と、

それぞれのクラスのパケットを互いに独立した待ち行列に蓄積する蓄積制御手段と、

前記優先グループに属するクラスのパケットを保持する待ち行列に対しては、該当するクラスの要求遅延時間を満足するのに十分な第1の帯域を優先的に割り当てる第1の帯域割り当て手段と、

全体の帯域の値から前記第1の帯域の総和を差し引いた結果を第2の帯域に定める帯域計算手段と、

前記非優先グループに属する各クラスについて、特定期間における使用頻度をクラス毎に検出する使用頻度検出手段と、

前記非優先グループに属する各クラスのパケットを保持する待ち行列に対しては、直近の特定期間で検出された使用頻度の違いに応じた重みで前記第2の帯域の一部分もしくは全体を動的に割り当てる第2の帯域割り当て手段と、

前記複数の待ち行列から取り出されるパケットの順序を、各待ち行列に割り当てられた帯域の大きさに従って決定するスケジューリング手段とを設けたこと特徴とするパケットスケジューリング装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、パケットスケジューリング方法及びパケットスケジューリング装置に関し、例えばIP(Internet Protocol)網に設けられる自律システム(AS)内の各種ルータにおいて、入力されるパケットの処理順序を決定するために用いられる。

## 【0002】

【従来の技術】 例えば、IP網などに設けられるルータの入力には、様々な種類のパケットが順次に入力される。様々な種類のパケットを処理するルータの内部には複数のキュー(待ち行列: queue)が設けられ、入力されたパケットはその種類に応じたキューに蓄積されてから処理される。

【0003】 このような複数のキューに蓄積されたパケットを処理する順番を決定する処理はパケットスケジューリングと呼ばれている。パケットスケジューリングの方式としては、従来より次のような技術が知られている。

(1) ラウンドロビン(Round Robin): 1番目のキューのパケット、2番目のキューのパケット、3番目のキューのパケット、...を順番に処理する。1回に処理するパケットの数は予め決めておく(一般的には1つ)。処理すべきパケットが存在しないキューについては処理がスキップされる。

【0004】 (2) WRR(Weighted Round Robin): パケットのクラス(キュー)毎に「重み」とパケット長が異なる場合に、重みを平均パケット長で割った「正規化された重み」を用いて、その重みに応じたパケット数を前記ラウンドロビンで処理する。

(3) D R R (Deficit Round Robin) : 前記W R R方式において、事前に平均パケット長の情報を必要としないように工夫されたものである。詳細には次のような手順で処理される。ある「基準量」が各クラス（キュー）毎に与えられており、あるキューの先頭のパケット長がその基準量より等しいか小さければそのパケットは処理される。そして基準量はそのパケット長分だけ減らされる。このようにして、基準量が次に処理されるパケット長より小さくなるまでそのキューは連続して処理される。それが満たされなくなったとき、ラウンドロビン方式で処理対象は次のキューに移る。全てのキューの先頭パケット長が各キューの基準量より大きくなったら全キューに新たに基準量を加える。

【0005】(4) G P S (Generalized Processor Sharing) : これは、パケットの存在するN個のキューに対して無限の処理容量をもつサーバーが同時に1/Nずつのサービス率で処理を行うスケジューリング方式である。あるキューに処理されるべきパケットが存在しない場合には、その分の処理能力は他のキューに等しく割り当てられる。実際には実現不可能な理想的な方式である。

【0006】(5) W F Q (Weighted Fair Queueing) : これは、前記G P S方式を近似的に実現させるための方式であり、G P Sでは同時に並列に無限小単位の処理を施しているのに対して、このW F Qではビット単位でパケットの処理終了予定時刻の計算を行い、その時刻の早いパケットから順番に処理を行う。

(6) C B - W F Q (Class-based Weighted Fair Queueing) : キュー毎に重み値を固定的に割り付ける。

【0007】また、例えば特開平9-83547号公報においては、各パケットキューに設定された重みとパケットキューのパケット蓄積量に基づいてスケジューリングを行うことを開示している。また、パケットスケジューリングの方式を選択する際には、以下の事項を考慮して選択するのが一般的である。

【0008】(a) スケジューリングによって何をどのように実現するのか（例えば、優先度の違い、公平性、遅延時間の上限値以内に処理を終了させたい等）。

(b) 優先度をどのように定義し、それが実際に実現されるか否か。

(c) クラス間の公平性を考える必要があるか、必要があればそれをどのように考えるか。

【0009】(d) 実際に装置内で実現する際の容易性はどの程度であるか。

上記の事項の組み合わせを考慮して、最も都合の良い方式が選ばれる。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】例えばI P網においては、様々な種類のアプリケーションの情報を運ぶために様々な種類のパケットが混在して伝送される。アプリケ

ーションの種類としては、音声（V o I P），画像（Video on Demandやテレビ会議），T e l n e t，X-W i n d o w，W W W，電子メール，F T Pなどがある。

【0011】音声や画像のアプリケーションの情報を運ぶパケットは「ストリーム型トラヒック」と呼ばれる。また、T e l n e tやX-W i n d o w等のアプリケーションの情報を運ぶパケットは「インタラクティブ型トラヒック」と呼ばれる。更に、W W W，電子メール，F T Pなどのアプリケーションの情報を運ぶパケットは「バルク転送型トラヒック」と呼ばれる。

【0012】「ストリーム型トラヒック」や「インタラクティブ型トラヒック」については、実時間性が重要であり、伝送途中の遅延時間が増大すると伝送品質が著しく低下する。また、「バルク転送型トラヒック」については実時間性はあまり重要ではない。前記C B - W F Q 方式を採用する場合には、「ストリーム型トラヒック」や「インタラクティブ型トラヒック」を処理するキューに予め大きな重みを割り当て、「バルク転送型トラヒック」を処理するキューに予め小さな重みを割り当てておくことにより、実時間性の要求の厳しいアプリケーションに対する品質を確保することができる。

【0013】しかしながら、C B - W F Q 方式のように各キューの重みを固定的に定める場合には、小さい重みが割り当てられたキューを使用する特定のアプリケーションについては品質が大幅に低下する場合がある。すなわち、特定のキューの使用頻度が高くなり、そのキューに割り当てられた帯域に比べて多くのパケットが短い時間内に到着した場合には当該キューにおける遅延時間が著しく増大する。

【0014】また、特開平9-83547号公報の技術を利用する場合には、パケットキューのパケット蓄積量に応じて動的にスケジューリングを行うので、各々のクラスのパケットの優先度が逐次変化することになる。従って、実時間性の高い特定のクラスのパケットに対して帯域を保証できない。また、特定のクラスに割り当たる帯域の大きさが小さくなりすぎる可能性もある。

【0015】本発明は、パケットスケジューリング方法及びパケットスケジューリング装置において、利用可能な全ての帯域を有効に利用し、実時間性に厳しいアプリケーションの品質低下を防止するとともに、実時間性の要求が小さいアプリケーションについても伝送遅延時間が増大するのを防止することを目的とする。

【0016】

【課題を解決するための手段】請求項1は、順次に入力されるパケットを待ち行列として蓄積し、処理のために前記待ち行列から取り出されるパケットの順序を決定するためのパケットスケジューリング方法であって、入力されるパケットを複数のクラスに区分するとともに、前記複数のクラスをストリーム型トラヒック又はインタラクティブ型トラヒックに相当する優先グループと、バル

ク転送型トラヒックに相当する非優先グループとに分類し、それぞれのクラスのパケットを互いに独立した待ち行列に蓄積し、前記優先グループに属するクラスのパケットを保持する待ち行列に対しては、該当するクラスの要求遅延時間を満足するのに十分な第1の帯域を優先的に割り当て、全体の帯域の値から前記第1の帯域の総和を差し引いた結果を第2の帯域に定め、前記非優先グループに属する各クラスについて、特定期間における使用頻度をクラス毎に検出し、前記非優先グループに属する各クラスのパケットを保持する待ち行列に対しては、直近の特定期間で検出された使用頻度の違いに応じた重みで前記第2の帯域の一部分もしくは全体を動的に割り当て、前記複数の待ち行列から取り出されるパケットの順序を、各待ち行列に割り当てられた帯域の大きさに従って決定することを特徴とする。

【0017】請求項1においては、前記優先グループに属する各クラスのパケットを保持する待ち行列には、各クラスの要求遅延時間を満足するのに十分な第1の帯域が優先的に割り当てられる。また、前記非優先グループに属する各クラスのパケットを保持する待ち行列には、直近の特定期間で検出された使用頻度の違いに応じた重みで前記第2の帯域の一部分もしくは全体が動的に割り当てられる。第2の帯域は、全体の帯域の値から前記第1の帯域の総和を差し引いた結果である。

【0018】従って、ストリーム型トラヒック及びインタラクティブ型トラヒックを処理する待ち行列については、それぞれのアプリケーションが要求する遅延時間を満足するように優先的にパケットを処理することができる。また、バルク転送型トラヒックを処理する待ち行列に割り当てられる帯域の大きさには、直近の特定期間で検出されたクラス毎の使用頻度の違いに応じた重みが反映される。すなわち、第2の帯域の一部分もしくは全体が前記非優先グループの各クラスに動的に割り当てられる。

【0019】このため、前記非優先グループのパケットを処理するクラスについても、待ち行列に入力されるパケット数などが急激に増大すると、当該クラスのパケットを処理する待ち行列に割り当てられる帯域が大きくなるので、遅延時間の増大を抑制することができる。請求項2は、請求項1のパケットスケジューリング方法において、前記非優先グループの中に、割り当てられた帯域の大きさが過小の特定クラスが存在する場合には、前記優先グループに属するクラスよりも優先的に、前記特定クラスのパケットを保持する待ち行列に対して最初に第3の帯域を割り当て、その後で、前記優先グループに属するクラスのパケットを保持する待ち行列に対して前記第1の帯域を割り当てるることを特徴とする。

【0020】一部のクラスのパケットだけを優先的に処理する場合、特定クラスに割り当てられる帯域が非常に小さくなり、特定クラスのパケットが全く処理されなく

なる可能性もある。請求項2においては、特定クラスに割り当てられた帯域の大きさが過小であるとみなされた場合には、前記特定クラスには第3の帯域が優先的に割り当てられるので、特定クラスのパケットも確実に処理することができる。すなわち、非優先グループのクラスについても最低限の帯域を保証することができる。

【0021】請求項3は、請求項1のパケットスケジューリング方法において、前記非優先グループの各クラスの使用頻度を、前記特定期間に到着したパケットの数及び到着したパケットの平均パケット長に基づいて検出すことを特徴とする。請求項3においては、前記特定期間に到着したパケットの数及び到着したパケットの平均パケット長に基づいて各クラスの使用頻度を検出するので、到着するパケットの各パケット長が変動する場合であっても各クラスの使用頻度を検出することができる。

【0022】請求項4は、順次に入力されるパケットを待ち行列として蓄積し、処理のために前記待ち行列から取り出されるパケットの順序を決定するためのパケットスケジューリング装置であって、入力されるパケットを複数のクラスに区分するとともに、前記複数のクラスをストリーム型トラヒックに相当する優先グループと、バルク転送型トラヒックに相当する非優先グループとに分類する分類手段と、それぞれのクラスのパケットを互いに独立した待ち行列に蓄積する蓄積制御手段と、前記優先グループに属するクラスのパケットを保持する待ち行列に対しては、該当するクラスの要求遅延時間を満足するのに十分な第1の帯域を優先的に割り当てる第1の帯域割り当手段と、全体の帯域の値から前記第1の帯域の総和を差し引いた結果を第2の帯域に定める帯域計算手段と、前記非優先グループに属する各クラスについて、特定期間における使用頻度をクラス毎に検出する使用頻度検出手段と、前記非優先グループに属する各クラスのパケットを保持する待ち行列に対しては、直近の特定期間で検出された使用頻度の違いに応じた重みで前記第2の帯域の一部分もしくは全体を動的に割り当てる第2の帯域割り当手段と、前記複数の待ち行列から取り出されるパケットの順序を、各待ち行列に割り当てられた帯域の大きさに従って決定するスケジューリング手段とを設けたこと特徴とする。

【0023】請求項4のパケットスケジューリング装置においては、請求項1と同様にパケットスケジューリングを行うことができる。

【0024】

【発明の実施の形態】本発明のパケットスケジューリング方法及びパケットスケジューリング装置の1つの実施の形態について、図1～図3を参照して説明する。この形態は全ての請求項に対応する。

【0025】図1は、この形態のパケットスケジューリング処理を示すフローチャートである。図2は本発明を実施するルータの構成を示すブロック図である。図3は

この形態の処理のタイミングを示すタイムチャートである。この形態では、請求項4の分類手段、蓄積制御手段、第1の帯域割り当て手段、帯域計算手段、使用頻度検出手段、第2の帯域割り当て手段及びスケジューリング手段は、それぞれクラス決定部11、パケット情報収集部10、S22、S23、トラヒック特性量計算部16(S15)、S24及び処理クラス指示部18に対応する。

【0026】この形態では、IP網に接続された図2のルータに、本発明のパケットスケジューリング方法及びパケットスケジューリング装置を適用する場合を想定している。図2を参照すると、このルータにはパケット情報収集部10、クラス決定部11、ヘッダ読み取り測定部12、パケットヘッダ解析/計算部13、ルーティングテーブル14、ヘッダ書き込み制御部15、トラヒック特性量計算部16、割り当て帯域計算部17、処理クラス指示部18、データベース(DB)19、スケジューリング部20、時計31及びタイマ32が備わっている。

【0027】また、スケジューリング部20には、N個のキューバッファ21(1)~21(N)及びパケット処理部22が備わっている。キューバッファ21は、例えば FIFO(ファーストインファーストアウト)メモリで構成することができる。外部からこのルータに到来するパケットは、パケット情報収集部10に入力され、スケジューリング部20でいずれか1つのキューバッファ21に蓄積された後、パケット処理部22で処理されて外部に出力される。

【0028】パケット情報収集部10は、各パケットからその行き先、クラス及びパケット長を含むヘッダ情報を抽出してクラス決定部11に通知する。クラス決定部11は、ヘッダ情報のクラスに基づいて、パケットの種類をN以下のクラスに分類する。また、優先グループのクラスと非優先グループのクラスとを区別する。パケット情報収集部10は、入力されたパケットをクラス決定部11の分類したクラスに対応する1つのキューバッファ21に書き込む。

【0029】また、各パケットの行き先及びクラスを含むヘッダ情報は、クラス決定部11からヘッダ読み取り測定部12を通じてパケットヘッダ解析/計算部13に入力される。パケットヘッダ解析/計算部13は、ヘッダ情報に基づき、ルーティングテーブル14を参照して行き先情報を取得する。この行き先情報は、ヘッダ書き込み制御部15を通り、次ルータ情報としてキューバッファ21上のパケットに書き込まれる。

【0030】トラヒック特性量計算部16は、パケットのクラス毎に特定区間毎のトラヒック特性量を計算する。割り当て帯域計算部17は、トラヒック特性量計算部16の求めた特性量に従って、各クラスの帯域を割り当てる。割り当て帯域計算部17が割り当てた帯域の値

は、各クラスの重みとして処理クラス指示部18に入力される。また、処理クラス指示部18には特定区間毎の処理パケット数がトラヒック特性量計算部16から入力される。

【0031】処理クラス指示部18は、パケット処理部22が処理すべきパケットのクラスをパケット処理部22に指示する。パケット処理部22は、処理クラス指示部18から指示されたクラスのパケットを対応するキューバッファ21の先頭から取り出して処理する。図2のパケット処理部22がキューバッファ21(1)~21(N)から取り出すパケットの順番を決定するためのパケットスケジューリング処理の詳細について、以下に説明する。

【0032】なお、パケットのクラスについては、アプリケーションの種類によって定められる場合もあるし、ユーザの契約時に定められる場合もあるし、通信の開始時に定められる場合もある。アプリケーションの種類としては、音声(VoIP)、画像(Video on Demandやテレビ会議)、Telnet、X-Windows、WWW、電子メール、FTPなどがある。

【0033】音声や画像のアプリケーションの情報を運ぶパケットは「ストリーム型トラヒック」と呼ばれる。また、TelnetやX-Windows等のアプリケーションの情報を運ぶパケットは「インタラクティブ型トラヒック」と呼ばれる。更に、WWW、電子メール、FTPなどのアプリケーションの情報を運ぶパケットは「バルク転送型トラヒック」と呼ばれる。

【0034】「ストリーム型トラヒック」や「インタラクティブ型トラヒック」については、実時間性が重要であり、伝送途中の遅延時間が増大すると伝送品質が著しく低下する。また、「バルク転送型トラヒック」については実時間性はあまり重要ではない。そこで、このパケットスケジューリング処理においては、パケットのクラスを優先グループと非優先グループとに分類する。「ストリーム型トラヒック」及び「インタラクティブ型トラヒック」に相当するパケットのクラスについては、実時間性が重要なので優先グループに分類する。また、「バルク転送型トラヒック」に相当するパケットのクラスについては実時間性が重要でないので非優先グループに分類する。なお、優先グループに属する各クラスを優先クラスと呼び、非優先グループに属する各クラスを非優先クラスと呼ぶ。

【0035】図1に示すパケットスケジューリング処理は、各クラスのパケットを処理する待ち行列(各キューバッファ21の内容)に対する帯域の割り当て手順を表している。各待ち行列に割り当てられた帯域の大きさに従って、各待ち行列に蓄積されたパケットの処理の優先度が決定される。また、図1に示すパケットスケジューリング処理は、図3に示すようなタイミングで実行される。すなわち、現時点がtである場合に、それ以前の情

報収集区間A 1について情報の収集を行い、計算区間A 2で計算を行い、制御対象区間A 3に対する帯域の割り当てを行う。

【0036】さて、図2のルータの入力にパケットが到着した場合には、パケットスケジューリング処理は図1のステップS12からS13に進む。ステップS13では、到着したパケットのクラスを識別する。また、次のステップS14では到着したパケットをそのクラスに対応付けられた1つのキューバッファ21に転送する。更に、ステップS15ではクラス毎に到着したパケットのパケット数及び平均パケット長の計算を行う。

【0037】各クラスに帯域を割り当てるための所定のタイミングになると、ステップS11からS16に進む。ステップS16～S19は、非優先クラスのパケットに対して最小限の帯域を保証するための処理である。ステップS16では、ある監視区間( $t - KT$ ,  $t$ の間)に、割り当てられた帯域が小さすぎて全くパケットを処理できなかった非優先クラスが存在するか否かを識別する。存在する場合にはステップS18に進み、存在\*

$$T_{i\text{sys}}(A1) = x_i(A1) + \rho_i(A1) \times x_i(A1) / (2(1 - \rho_i(A1))) \dots (1)$$

但し、

$$x_i(A1) = 8p_i(A1) / BW(C_i, A1) : \text{平均処理時間 (sec)}$$

$p_i(A1)$  : 平均パケット長 (byte)

$BW(C_i, A1)$  :  $i$ 番目のクラスに割り当てた帯域の大きさ

$\rho_i(A1) = \lambda_i(A1) \times x_i(A1)$  : 使用率

$\lambda_i(A1) = q_i(A1) / nT$  : 到着率

$q_i(A1)$  : 情報収集区間A 1に到着した  $i$  番目のクラスのパケット数

ステップS22では、優先クラスについてクラス毎に帯域の割り当てを更新する。具体的には、ステップS21で求めたパケットの滞在時間  $T_{i\text{sys}}(A1)$  が各クラスの要求する遅延時間  $d_i$  よりも小さくなるように、帯域  $BW(C_i, A3)$  の大きさを割り当てる。すなわち、優先クラスについては直近の  $n$  周期の区間 (A1) で収集して得られた情報に基づいて、遅延時間  $d_i$  の条件を満足するような帯域を制御対象区間A 3に与える。

【0041】従って、全ての優先クラスについては、それが要求する遅延時間  $d_i$  をほぼ満足するように帯域が割り当てられる。また、遅延時間  $d_i$  を満足できないような優先クラスのパケットについては、予めそのような呼の受付を拒否するように呼受付で制御している。ステップS23では、まずステップS22で優先グループに属する全てのクラスに割り当てた帯域  $BW(C_i, A3)$  の総和  $BW_r$  を求める。次に、帯域  $BW_\beta$  から帯域  $BW_r$  を差し引いた結果を残余の帯域  $BW_z$  として求める。

【0042】ステップS24では、非優先クラスについて、残余の帯域  $BW_z$  をクラス毎に割り当てる。具体的には、情報収集区間A 1で収集して得られた到着パケッ

\* しない場合にはステップS17に進む。

【0038】ステップS17では、帯域  $BW_\alpha$  ( $bps$ ) の値を0にする。ステップS18では、ルータの全帯域  $BW_t$  ( $bps$ ) に係数  $X$  (例えば0, 1) を掛けた結果を帯域  $BW_\alpha$  の値にする。なお、係数  $X$  及び  $K$  は各クラスの遅延時間がある値以上にならないように計算により求められる。ステップS19では、パケットを処理できなかった非優先クラスに対して、帯域  $BW_\alpha$  を割り当てる。

10 【0039】なお、パケットを処理できなかった非優先クラスが複数存在する場合には、各クラスの遅延時間がある値以上にならないように、帯域  $BW_\alpha$  の一部分をそれぞれの非優先クラスに割り当てる。ステップS20では、全帯域  $BW_t$  から帯域  $BW_\alpha$  を差し引いた結果を帯域  $BW_\beta$  の値に定める。

【0040】ステップS21では、優先クラスのパケットについて、情報収集区間A 1で観測されたパケットのノード (ルータ) 内滞在時間  $T_{i\text{sys}}(A1)$  を次式によりクラス毎に (優先クラスのみ) 計算する。

ト数  $N(C_k, A1)$  及び平均パケット長  $P_L(C_k, A1)$  (非優先クラスのみ) に基づいて、 $k$  番目の各クラス  $C_k$  の帯域  $BW(C_k, A3)$  を次式を用いて求める。  $BW(C_k, A3) = BW_z \cdot u_k \cdot v_k / (非優先クラスの u_k \cdot v_k の総和) \dots (2)$

但し

$$u_k = N(C_k, A1) \text{ (非優先クラスのみ)}$$

$$v_k = P_L(C_k, A1) \text{ (非優先クラスのみ)}$$

すなわち、非優先クラスのパケットについては、情報収集区間A 1で到着したパケット情報量 (パケット数×平均パケット長) に比例した割合で、帯域  $BW_z$  を各クラスに配分する。このため、非優先クラスについては使用頻度が高くなるとますます多くの帯域が割り当てられる。また、使用頻度が低くなると割り当てられる帯域は小さくなる。

【0043】図1の処理によって各クラスに割り当てられる帯域  $BW(C_j)$  ( $j = 1 \sim N$ ) の大きさは、ルータのスケジューリングの際の「重み」に相当し、制御対象区間A 3における優先度に直結する。すなわち、制御対象区間A 3におけるクラス  $C_j$  の優先度の重み  $W(C_j, A3)$  は次式で与えられる。

【0044】

$$W(C_j, A3) = BW(C_j, A3) / BW_t \dots (3)$$

但し、非優先グループの各クラスについては、優先グループの各クラスの待ち行列にパケットが存在しない場合のみ、上記の重みに従って待ち行列が選択されパケットが処理される。次に、帯域割り当ての具体例について説明する。

【0045】(具体例1) この例では、次のような状態を想定する。

50  $BW_t : 12Mbps$

$BW_\alpha : 0$

$T : 5\text{秒}$

$n : 1$

$m : 1$

クラス数N : 3

クラス1 : 優先クラス

クラス2, クラス3 : 非優先クラス

現時点t : 0

また、情報収集区間A1 (-5, 0) における各クラスの使用状態として次の状態を想定する。

【0046】クラス1の到着パケット数 : 2

クラス2の到着パケット数 : 2

クラス3の到着パケット数 : 6

クラス1の平均パケット長 : 100

クラス2の平均パケット長 : 200

クラス3の平均パケット長 : 300

ここで、帯域BW<sub>r</sub>が8Mbpsである場合を想定すると、制御対象区間A3 (5, 10) に対する各クラスへの割り当て帯域は次のようになる。

【0047】クラス1 : 8Mbps

クラス2 :  $(12-8) \times 2 \times 200 / (2 \times 200 + 6 \times 300) = 0.727$   
Mbps

クラス3 :  $(12-8) \times 6 \times 300 / (2 \times 200 + 6 \times 300) = 3.273$   
Mbps

(具体例2) この例では、観測周期Tの整数倍 (KT) のある区間で、優先クラスのパケットの到着数が多すぎて、非優先グループに対する帯域の割り当てが少くなり、非優先グループに属するあるクラス (未処理クラス) のパケットが全く処理されなかった場合を想定する。

【0048】この場合には、(KT) の区間毎に、次の制御対象区間A3における全帯域のX (%) の帯域を前記未処理クラスに割り当てて処理する。係数K, Xは、各クラスの遅延時間がある値以上にならないように計算により求められる。すなわち、未処理の非優先クラスを検出した場合には、図1のステップS19で帯域BW<sub>α</sub>を未処理の非優先クラスに割り当てる。

【0049】また、ここでは次の状態を想定する。

$BW_t : 12\text{Mbps}$

$T : 5\text{秒}$

$n : 1$

$m : 1$

クラス数N : 3

クラス1 : 優先クラス

クラス2 : 非優先クラス

クラス3 : 非優先クラス (未処理クラス)

$K : 2$

$X : 10\text{ (%)}$

現時点t : 0

また、情報収集区間A1 (-5, 0) における各クラス

の使用状態として次の状態を想定する。

【0050】クラス1の到着パケット数 : 9

クラス2の到着パケット数 : 1

クラス3の到着パケット数 : 0

クラス1の平均パケット長 : 100

クラス2の平均パケット長 : 200

クラス3の平均パケット長 : 300

ここで、帯域BW<sub>r</sub>が11Mbpsであり、区間 (-10, 0) でクラス3のパケットが1個も処理されなかつ

10 場合を想定する。この場合、制御対象区間A3 (5, 10) に対する各クラスへの割り当て帯域は次のようになる。

【0051】

クラス1 :  $12 - 1 \cdot 2 = 10.8\text{Mbps}$

クラス2 : 0Mbps

クラス3 :  $12 \times 10 / 100 = 1.2\text{Mbps}$

すなわち、未処理クラスであるクラス3に対しては、次の制御区間でそのパケットを処理できるように (1.2 Mbps) の帯域が優先的に割り当てられる。

20 【0052】従って、この形態では実時間性の高いクラスに対しては、前もって要求遅延時間を満たすのに十分な帯域を確保しておくことができる。また、直近のある時間区間において使用量 (パケット数で判断) の多いクラスについては、さらに優先させてスループットを上げ、遅延時間を短くするための優先制御をダイナミックに実時間に近い微小時間内で実現することができる。

【0053】また、使用頻度の少ない通過パケット数の少ないクラスに対しても、各ノード (ルータ) 内の遅延時間がある限度値以上にならないように最低限の帯域を割り当てることができる。

【0054】

【発明の効果】本発明によれば、使用頻度の高いクラスのパケットを優先させるように帯域を割り当てることができる。しかも、実時間性の高いアプリケーションの要求品質を満足するようにそのクラスのパケットの帯域を割り当てることができる。また、実時間性の低いクラスについても、比較的長い時間の平均的なスループットをある値以上にすることが可能である。

40 【0055】本発明の装置を採用することにより、IP網などを利用するユーザあるいは使用アプリケーションに対して利用頻度に応じた帯域の割り当てが可能になるため、網内の通信量を益々増加させ、網の利用を活発化させることができくなる。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施の形態のパケットスケジューリング処理を示すフローチャートである。

【図2】本発明を実施するルータの構成を示すブロック図である。

【図3】実施の形態の処理のタイミングを示すタイムチャートである。

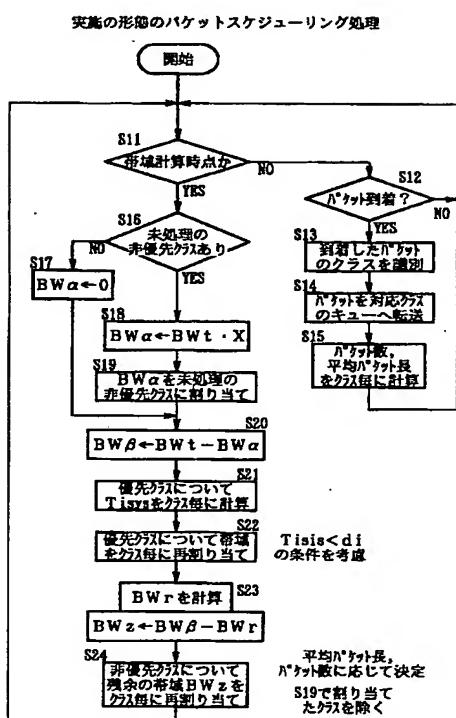
### 【符号の説明】

- 1 0 パケット情報収集部
- 1 1 クラス決定部
- 1 2 ヘッダ読み取り測定部
- 1 3 パケットヘッダ解析／計算部
- 1 4 ルーチングテーブル
- 1 5 ヘッダ書き込み制御部
- 1 6 トランジク特性量計算部

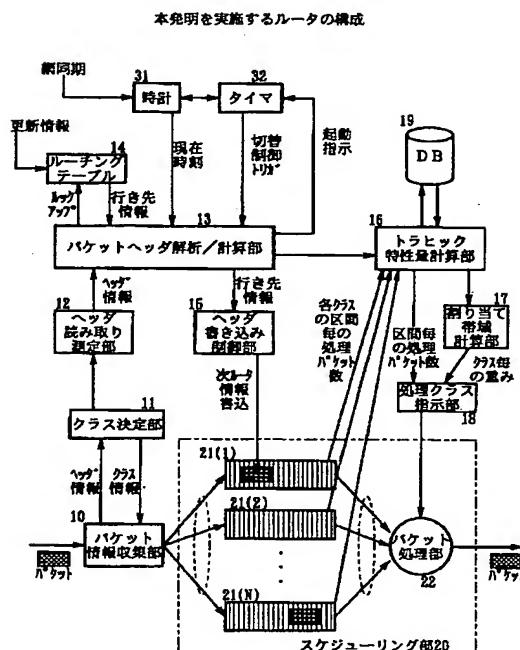
〔四〕

- 1 7 割り当て帯域計算部
- 1 8 処理クラス指示部
- 1 9 データベース
- 2 0 スケジューリング部
- 2 1 キューバッファ
- 2 2 パケット処理部
- 3 1 時計
- 3 2 タイマ

[図2]



[図3]



### 影響の処理のタイミング

